

Kommunikation in der naturwissenschaftlichen Forschung: eine Studie aus sozialpsychologisch- semiotischer Perspektive

Schulze, Annedore; Wenzel, Vera

Veröffentlichungsversion / Published Version
Zeitschriftenartikel / journal article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Schulze, A., & Wenzel, V. (1998). Kommunikation in der naturwissenschaftlichen Forschung: eine Studie aus sozialpsychologisch-semiotischer Perspektive. *Journal für Psychologie*, 6(2), 53-69. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-28898>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kommunikation in der naturwissenschaftlichen Forschung - eine Studie aus sozialpsychologisch-semiotischer Perspektive

Annedore Schulze und Vera Wenzel

Zusammenfassung

In dem Artikel wird die Genese von Innovationen in der Forschung unter dem Aspekt der Kommunikation von Wissenschaftlern auf unterschiedlichen Ebenen untersucht: auf der Ebene der Wissenschaftlerpersönlichkeiten, der unmittelbaren Kommunikation in den Forschungsgruppen und der wissenschaftlichen Gemeinschaft. Am Beispiel der wissenschaftlichen Gemeinschaft »Elektrolumineszenz« werden Wege und Schnittpunkte der Kommunikation aufgezeigt, die bei der Genese von wissenschaftlichen Erkenntnissen von Bedeutung waren. Die Autoren verfolgen zurück, wie die Wissenschaftler mit ganz unterschiedlichen Biografien sich dasselbe Spezialgebiet auswählten. Es werden die vielfältigen Facetten der Kommunikation im Forschungslabor deutlich. Die Autoren beschreiben den Diskurs einer Wissenschaftlergemeinschaft, der von dem Forschungsstil und den Verhaltenscharakteristika der Wissenschaftler aus verschiedenen Kulturen geprägt wird. Die Besonderheit der Analyse besteht in der Kombination sozialpsychologischer, semiotischer und naturwissenschaftlicher Kompetenz der Autorinnen.

KONZEPTIONELLE VORAUSSETZUNGEN

Im Sommer 1993 wurde auf einer internationalen Konferenz in Seattle (Washington) von einer amerikanischen Gruppe ein »Vollfarbiges Dünnfilmelektrolumineszenz-Display« vorgestellt, das für die Telekommunikation weltweit neue Perspektiven eröffnet. Die Kommentare der Wissenschaftler (es waren Spezialisten aus 15 Ländern vertreten) waren sehr unterschiedlich: »Technisch sehr weit« (eine andere amerikanische Gruppe), »Die Farben sind ja ganz

schön dunkel« (deutscher Wissenschaftler), »Die Stabilität muß noch erhöht werden« (japanischer Wissenschaftler), »Die Physik des Ganzen muß noch besser verstanden werden« (französischer Wissenschaftler). Die Mehrheit der Wissenschaftler und Techniker ist davon überzeugt, daß dieses Display ein gewaltiger Fortschritt ist. Sie sind sich jedoch bewußt, daß es bis zu ihrem Ziel, ein stabiles, helles, vollfarbiges Display zu entwickeln, noch immer ein weiter Weg sein wird. Obwohl es bisher nur einer einzelnen Gruppe, nämlich einem amerikanischen Team gelungen ist, das Display zu entwickeln, stellt es dennoch ein Beispiel für die faszinierende Verwandlung eines physikalischen Phänomens in ein nützliches und hochwertiges Produkt dar, in dem das Wissen und die Anstrengungen von vielen Wissenschaftlern und Ingenieuren verschiedener Länder aufgehoben sind. Das Geheimnis des Erfolgs ist die Kommunikation der auf diesem Gebiet arbeitenden Spezialisten. Wissenschaftlich-technische Innovationen sind vor allem das Resultat eines komplizierten, über mehrere Ebenen verlaufenden Kommunikationsprozesses. Im Produkt sind die Kompetenzen der unterschiedlichen Gruppen materialisiert. Wir wollen versuchen, die »Büchse der Pandora« zu öffnen und die Wege und Schnittpunkte der Kommunikation der Wissenschaftler aufzeigen, die bei der Genese dieses Produkts eine Rolle spielten. Nun einige theoretische Voraussetzungen, thesenartig vorgetragen:

Was verstehen wir unter Kommunikation? Theoretische Ausgangspunkte für diese Arbeit liegen im Spannungsfeld zwischen so-

zialpsychologischen und philosophischen Konzepten zur Kommunikation.

Unter sozialpsychologischem Aspekt wird unter Kommunikation die Koordinierung der Handlungen auf der Grundlage der reflexiven Koorientierung verstanden (Laing, Philipson & Lee, 1966; Kaminski, 1970; Siegrist, 1971). Andere Autoren nennen diesen Prozeß auch Perspektivenübernahme und Koordination (Oppenheimer, 1978; Edelstein, Keller & Wahlen, 1984).

Für unser konzeptionelles Verständnis ist es wichtig, daß die Prozesse der Perspektivenübernahme und -koordination sowohl die Gegenstands- als auch die Beziehungsebene betreffen und kognitive und emotionale Prozesse einschließen.

Krüger spricht in Anlehnung an lebensweltliche Konzepte von Husserl und Habermas von Perspektivenwechsel (Wechsel zwischen Teilnehmer- und Beobachterperspektiven) (Krüger, 1993, 227). Die Funktion des Perspektivenwechsels besteht in der Koordinierung der Handlungen.

Nur auf der Grundlage eines gelungenen Perspektivenwechsels ist eine Koordination der zukünftigen Handlungen möglich. Krüger spricht von Koordination der Re-Produktion von Kooperationsprozessen (Krüger, 1993, 232).

Für uns ist die Gruppe der Ort des Forschungshandelns. Da es sich um eine sozialpsychologische Analyse handelt, geht es um das Studium der interpersonellen Beziehungen, wie im Prozeß der unmittelbaren Kommunikation Wissen produziert wird. Hingegen stellt das Labor häufig das Zusammenwirken von mehreren Gruppen dar. Obwohl die Forschungsgruppe der Ausgangspunkt für unsere Analyse ist, gehen wir davon aus, daß die »Fabrikation« wissenschaftlicher Erkenntnis (Knorr-Cetina, 1984) mit dem Verfassen von wissenschaftlichen Texten über das in einem Labor konstruierte Wissen noch lange nicht abgeschlossen ist. Strenggenommen kann man von der wissenschaftlichen Erkenntnis als fertigem »Konstrukt« nur bedingt sprechen,

weil Bedeutungszuschreibungen und Interpretationen von neuem Wissen eher als ein komplizierter und komplexer Zirkulationsprozeß zwischen Forschungsgruppen und Wissenschaftlergemeinschaften und anderen Kommunikationspraktiken beschrieben werden können.

Was unter einem wissenschaftlichen Labor in der Wissenschaftsforschung verstanden wird, haben die zahlreichen Laborstudien konzipiert (Knorr-Cetina, 1984; Amann, 1990). Eine Wissenschaftlergemeinschaft ist jedoch weder institutionell noch räumlich gebunden und stellt eher eine lose, Landesgrenzen überschreitende Interessengemeinschaft von Wissenschaftlern dar, die u.a. auch den Entwicklungsstand und -trend der Industriegesellschaft charakterisieren. Wissenschaftler bekunden ihre Interessen u.a. in Texten, die sie an die Wissenschaftlergemeinschaft richten und in Gesprächen, die sie miteinander führen. »Wissenschaftliche Arbeit erscheint von Beziehungen und Aktivitäten durchspinnen, die den Ort der Forschung ständig überschreiten. Wie manifestiert sich diese erweiterte Kontextualität wissenschaftlichen Handelns für den Beobachter? Wir sehen Wissenschaftler Briefe schreiben, Papiere versenden und Forschungsanträge stellen. Wir hören sie am Telefon mit Leuten überall im Land sprechen, und wir sehen sie zu Besuchen und Konferenzen an die verschiedensten Orte reisen« (Knorr-Cetina, 1984, 154). Wie sieht nun der Transformationsprozeß der wissenschaftlichen Erkenntnisse von der Ebene der Forschungsgruppe zur wissenschaftlichen Gemeinschaft aus?

Uns interessiert vor allem die Dynamik dieses Prozesses, d.h. die Transformationsprozesse in der Kommunikation selbst, die sowohl von den Forschungsgruppen zur Wissenschaftlergemeinschaft als auch in umgekehrter Richtung ablaufen können. Die Vorteile der von uns vorgeschlagenen Betrachtungsweise bestehen darin, daß auf diese Weise die Dynamik der Kommunika-

tion analysiert werden kann. Wir greifen dabei den Gedanken von Knorr-Cetina über die Erweiterung der Kontextualität auf (Knorr-Cetina, 1984, 154). Mit der Kommunikation in einer bestimmten Forschungsgruppe wird ein für diese Gruppe spezifischer Kontext generiert, in dem der konstruierten Erkenntnis Bedeutungen zugewiesen und Interpretationen gegeben werden. Bereits mit der Formulierung des entsprechenden wissenschaftlichen Textes (z.B. als Forschungsbericht) wird der im Labor generierte Kontext erheblich verändert, weil die Autoren sich dabei auf die anderen, nicht zum Labor gehörenden Leser/Hörer orientieren.

Die für die Wissenschaftlergemeinschaft bestimmten Texte werden aus der Perspektive eines »generalisierten anderen« (Mead, 1934) verfaßt und ihre Rezeption ist erst in einem generalisierten Kontext möglich. Die durch solche Texte vermittelten »Labor-Erkenntnisse« erhalten im generalisierten Kontext andere Bedeutungen und Interpretationen im Vergleich zu denen, die ihnen im ursprünglichen Labor-Kontext zugeschrieben bzw. gegeben wurden.

Historische Beispiele (z.B. Wenzel, 1992) belegen vielfach, daß es sich erst im Zirkulationsprozeß zwischen Forschungsgruppen und der Wissenschaftlergemeinschaft herausstellt, ob diese veränderten Bedeutungen und Interpretationen des generalisierten Kontextes zu Orientierungsgrößen für einen mehr oder weniger großen Kreis von Wissenschaftlern der Gemeinschaft werden. Angesichts der Kompliziertheit des beschriebenen Zirkulationsprozesses erscheint es uns sinnvoll, die Dynamik der Kommunikation in der Forschung mit den Begriffen der Kontextualisierung und Kontextgeneralisierung zu erfassen. Einerseits soll die Verschiedenheit der Kommunikation in Forschungsgruppen (Generierung eines neuen wissenschaftlichen Kontexts) und in der Wissenschaftlergemeinschaft (Generalisierung von Labor-Kontexten) hervorgeho-

ben und andererseits eine gewisse Kontinuität (relative Stabilisierung von neuen Bedeutungen und Interpretationen im generalisierten Kontext) bei einem zeitlichen Ablauf des Zirkulationsprozesses zwischen Forschungsgruppen und der Wissenschaftlergemeinschaft zum Ausdruck gebracht werden. Die vorangegangenen Bemerkungen zeigen deutlich, daß die Analyse moderner Wissenschaft nicht bei der Untersuchung der unmittelbaren Kommunikation im Labor stehenbleiben darf. Sie sollte vielmehr die Kommunikation zwischen den Gruppen innerhalb der Wissenschaftlergemeinschaft und den Anschluß an andere Kommunikationspraktiken mit aufnehmen (Krüger, 1990, 474). Wir interessieren uns für die Transformationsprozesse von der unmittelbaren Kommunikation in Gruppen zur mittelbaren Kommunikation in Wissenschaftlergemeinschaften und umgekehrt.

Folgende Ebenen der Kommunikation sollen untersucht werden:

1. Die Analyse der Entwicklung der Wissenschaftlerpersönlichkeiten
2. Die unmittelbare Kommunikation in den Gruppen
3. Die Analyse der Wissenschaftlergemeinschaft
 - 3.1. Die Analyse der Kommunikation zwischen den Gruppen der Wissenschaftlergemeinschaft
 - 3.2. Die Analyse von Konferenzen der Wissenschaftlergemeinschaft

Folgende Probleme stehen im Vordergrund:

zu 1. Analyse der Entwicklung der Wissenschaftlerpersönlichkeit und der Themata, um Aufschluß über die Lebenswelt des Wissenschaftlers zu erhalten:

Hier soll die lebensweltliche Komponente in den Vordergrund gestellt werden, z. B. wie Wissenschaftler sich selbst bei der Reflexion über ihre Lebenswege definieren. Da-

bei gehen wir über das Labor hinaus und beschreiben die Wissenschaftler einer wissenschaftlichen Gemeinschaft, die über die Ländergrenzen hinaus Kommunikation haben. Uns interessiert, wie die Wissenschaftler auf ganz verschiedenen Wegen zu dem selben Spezialgebiet mit unterschiedlichen Folgen und Ungewißheiten gekommen sind. zu 2. Untersuchung der unmittelbaren Kommunikation in Gruppen:

Hier wird sowohl die Arbeitsteilung, die Kooperation, die Ausübung der Führungsfunktion in den Gruppen als auch der Austausch der verschiedenen Perspektiven in bezug auf kontroverse Konzepte in den Gruppen und der Anschluß der Kommunikation an andere Gruppen der Gesellschaft untersucht. Das Aushandeln der Perspektiven zwischen Forschung, Industrie, Politik und Ökonomie wird betrachtet. Welche Perspektiven werden ausgebildet, ausgeblendet, blockiert? Bei welchen Zusammenhängen ergibt sich eine Komplementarität, Symmetrie oder Beliebigkeit der Perspektiven?

zu 3. Die Analyse der wissenschaftlichen Gemeinschaft

zu 3.1. Analyse der Kommunikation zwischen den Gruppen:

Hier sollen die Beziehungen zwischen den Gruppen analysiert werden. Wie sieht der Austausch über Kontroversen aus, die die Ebene der Wissenschaftlergemeinschaft erreicht haben? Ergeben sich im Vergleich zur unmittelbaren Kommunikation in den jeweiligen Gruppen andere Perspektiven?

zu 3.2. Analyse von Konferenzen der Wissenschaftlergemeinschaft:

Konferenzen bilden die Höhepunkte im Leben einer Wissenschaftlergemeinschaft. Wissenschaftliche Tätigkeit auf einer Konferenz besteht hauptsächlich im Rezipieren der mündlich vorgetragenen Texte, im Vortragen eines eigenen Textes und in der mündlichen Kommunikation. Es handelt sich hierbei im wesentlichen um das sprachliche Denken und um die symboli-

sche Vermittlung der zukünftigen wissenschaftlichen Tätigkeit in den jeweiligen Forschungsgruppen.

ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Wir wollen unser Konzept an den Ergebnissen einer empirischen Untersuchung zur Kommunikation in der Wissenschaftlergemeinschaft »Elektrolumineszenz (EL)« demonstrieren. Es versteht sich von selbst, daß nicht alle Gruppen untersucht werden konnten. Wir fanden Zugang zu den Gruppen aus Deutschland, der Ukraine und den USA.

ZUR METHODIK

Wir bevorzugten qualitative Methoden: Teilnehmende Beobachtung, problemzentrierte Interviews, die biographische Methode und die Diskursanalyse.

Wir wählten die biographische Methode und das problemzentrierte Interview aus, da hier das subjektive Bezugssystem des Wissenschaftlers und seine emotionale Beteiligung zum Ausdruck kommen (Alheit, Hoerning 1989). Unsere Tagebuchaufzeichnungen wurden als selbstreflexive Komponenten bei den Interviews genutzt (Legewie 1987). Da die Teilnehmer mehrmals aufgesucht wurden, konnten frühere Eindrücke bestätigt, vertieft oder korrigiert werden. Durch die Darstellung unserer eigenen Auffassung zu bestimmten Problemen kam es auch häufig zu einem Dialog. Dieses Herangehen führte zu einer großen Vertrautheit und Offenheit.

Wir waren uns der Gefahr bewußt, daß diese Nähe auch zu eigenen Verstrickungen und Irritationen führen kann. Bei Diskussionen mit Fachkollegen stellten wir diese Probleme dar und wurden zur kritischen Selbstreflexion angeregt. Dies führte zu einer Objektivierung der Sicht (Lüdtke, Schulze XE »Schulze« 1995).

Da wir Wissenschaftler eines Fachgebietes zu dem gleichen Problem befragten, konnte im nachhinein eine Art kommunikative Vali-

dierung vorgenommen werden. Wir führten mit den Projektleitern und ihren Mitarbeitern ausführliche Interviews durch. Darüber hinaus konnten wir durch passiv teilnehmende Beobachtung von informellen und formellen Diskussionen, der experimentellen Tätigkeit der Wissenschaftler sowie durch viele persönliche Gespräche einen guten Überblick über die Kommunikation im Labor bekommen.

Bei der Untersuchung der Beziehungen zwischen den Laborpraktiken und den entsprechenden wissenschaftlichen Texten der Forscher stützten wir uns vor allem auf das Konzept der deskriptiven handlungsorientierten Semiotik von Morris (Morris 1977).

Die schriftliche Diskursanalyse basierte auf chronologisch geordneten Texten der an den Kontroversen beteiligten Autoren. Die Auswahl der Autoren ergab sich aus der Analyse von Fachzeitschriften und Interviews. Hinzu kamen Beobachtungen der Forscher im Labor, die Aufschluß über die Transformation der Laborhandlungen in wissenschaftlichen Text ergaben.

Der mündlichen Diskursanalyse wurden sowohl Vorträge der Wissenschaftler auf Konferenzen als auch formelle und informelle Diskussionen zugrunde gelegt.

Auswahl der Untersuchungsteilnehmer

Da wir in der ostdeutschen Gruppe bereits eine Langzeitstudie zur Genese von Innovationen durchgeführt hatten, war unser Kontakt zu dem Projektleiter und seiner Gruppe bereits hergestellt. Über diese Gruppe wurden wir auch mit den Wissenschaftlern des Teams an der TU in Westberlin bekannt. Unsere ersten Kontakte zu den ausländischen Gruppen konnten wir auf einem EL-Workshop in Helsinki knüpfen. Wir stetzten uns das Ziel, den Leiter der führenden amerikanischen Gruppe bei Planar Systems zu befragen. Auf einer Posterdiskussion stellten wir ihm unser Anliegen vor: Er stand vor dem vielbesuchten Poster seiner Gruppe. Nachdem wir uns

über einige spezielle Fragen seines Posters unterhalten hatten, baten wir ihn (nach der Darstellung unseres Untersuchungsanliegens) um die Teilnahme an unserer Studie. Darauf sagte er kurz, freundlich und sehr energisch: »Das ist alles sehr interessant, aber bitte nicht bei uns.« Erst am letzten Tag, kurz vor dem Abschluß der Konferenz wurden wir mit einem Wissenschaftler der Universität Corvallis bekannt, der sich sehr für unsere Untersuchung interessierte. Er lud uns ein, in sein Labor zu kommen und wollte sich sogar um finanzielle Unterstützung unseres Projektes bemühen.

Zu den ukrainischen Wissenschaftlern, zu der EL-Gruppe aus Kiew, bekamen wir sehr schnell Kontakt. Die Leiterin hatte einen Hauptvortrag gehalten, allerdings in einem sehr schlechten Englisch. Bedingt durch die Sprachschwierigkeiten, verlief die Diskussion sehr kompliziert. Als wir unser Anliegen vortrugen, reagierte sie freundlich, aber traurig: »Wir kommen doch bei dem von Ihnen angestrebten Vergleich sehr schlecht weg; sehen Sie sich doch unsere Technik und die Lebensbedingungen an. Wir können doch nicht standhalten.« Sie weinte. »Aber kommen Sie.«

EINIGE INFORMATIONEN ÜBER DIE WISSENSCHAFTLERGEMEINSCHAFT ELEKTROLUMINESZENZ

Unter der EL-Wissenschaftlergemeinschaft wird im folgenden die Interessengemeinschaft von Wissenschaftlern verstanden, die sich zum ersten Mal im Jahre 1980 zur »Conference on EL« getroffen haben und seitdem regelmäßig zum »International Workshop on EL« zusammenkommen. Der letzte Workshop fand 1994 statt, zu dem sich an die 100 Wissenschaftler aus Belgien, China, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Indien, Japan, Korea, Niederlande, Polen, Rußland, Ukraine, USA und Schottland mit ihren Berichten anmeldeten. Den entscheidenden Impuls zur Entstehung dieser Wissenschaftlergemeinschaft gab die im Jahre 1974 veröffentliche-

te Arbeit von den japanischen Wissenschaftlern A. und B. über die Entwicklung einer neuen Dünn-Film-Technologie für die Herstellung einer symmetrischen MISIM-Struktur (= Metal / Insulator / Semiconductor / Insulator / Metal), auf deren Basis verschiedene EL-Geräte, u.a. auch Flachdisplays, konstruiert werden können. Die Aufgabe, um die sich die neue Gemeinschaft bildet, ist für die Wissenschaftler sehr anspruchsvoll: In einer sehr komplizierten Schichtstruktur (Dünn-Film-Struktur), in der in einem elektrischen Feld der EL-Effekt erzeugt werden kann, sollen beinahe alle beobachteten EL-Eigenschaften dieser Struktur gleichzeitig in die eine oder andere Richtung geändert werden (z.B. die Erhöhung der Helligkeit bei der gleichzeitigen Minderung des Energieverbrauchs usw.). Diese Aufgabe verlangt eine besonders starke Verflechtung von theoretischen und experimentellen Untersuchungen.

Die eigentlichen Untersuchungsobjekte sind Eigenschaften wie Helligkeit, Farbe oder Kontrast. Auf der sprachlich-theoretischen Ebene sind das gewisse semiotische Konstruktionen, die in wissenschaftlichen Texten benutzt werden. Für eine experimentelle Untersuchung stehen jedoch Untersuchungsobjekte wie Helligkeit usw. nicht ohne weiteres zur Verfügung, sondern sie müssen erst in einem komplizierten Prozeß mittels verschiedener Geräte erzeugt werden. Dabei kann jeder Schritt in diesem Prozeß wie die Wahl der Materialien für die Schichtstruktur, die Technologie ihrer Herstellung usw. die verschiedenen EL-Eigenschaften unterschiedlich beeinflussen.

Zur Zeit der Entstehung der EL-Wissenschaftlergemeinschaft im Jahre 1980 gab es bei den Wissenschaftlern nur wenig Wissen, das von vielen geteilt und als Meinung eines »Generalisierten anderen« (Mead, 1934) akzeptiert wurde. Dazu gehörten vor allen Dingen die Anerkennung der Schlüsselposition der neuen Dünn-Film-

Technologie und eine allgemeine Vorstellung vom EL-Effekt als »the direct conversion of the electrical energy into luminescent emission... Beyond these quite general features of the mechanism there are many questions and some controversy.«

So lautete im Jahre 1980 die Einschätzung von V., der einer der Initiatoren des ersten Treffens der zukünftigen EL-Wissenschaftlergemeinschaft war.

Nun ist von den Wissenschaftlern, die diese anspruchsvolle Aufgabe lösen wollen, keine andere Vorgehensweise zu erwarten, als in der Wissenschaft der Neuzeit üblich ist: die Zerlegung des Phänomens in seine einzelnen Bestandteile, um die Möglichkeiten ihrer gezielten Beeinflussung zu studieren mit dem Ziel, sie zum Schluß wieder zu einem Ganzen zusammenzuführen, jedoch mit den gewünschten Eigenschaften.

Diese Vorgehensweise verleiht dem Phänomen als Ganzem die Eigenschaft der Multidimensionalität. Einzelne Forschungsgruppen beschäftigen sich mit einer oder höchstens mit einigen wenigen Dimensionen dieses Phänomens, so daß das Ziel der Wissenschaftlergemeinschaft, der Multidimensionalität des Phänomens gerecht zu werden, nur von allen Forschungsgruppen gemeinsam zu erreichen ist. Obwohl einige Musterexemplare von farbigen Flachdisplays von einzelnen Forschungsgruppen konstruiert und der Wissenschaftlergemeinschaft vorgeführt wurden, stießen diese immer wieder auf die Kritik seitens der Vertreter von anderen Forschungsgruppen (»das Bild ist nicht scharf genug«, »die Farbe blau ist zu dunkel« etc.). Der Grund für das kritische Verhalten der Wissenschaftler auf der Ebene einer Wissenschaftlergemeinschaft ist in der Tatsache zu suchen, daß jede Forschungsgruppe ihren eigenen Laborkontext hat, in dem die Untersuchungsobjekte definiert werden.

Unterschiede zwischen verschiedenen Laborkontexten sind u.a. auf die Unterschiede

in der Entstehung und der Entwicklung von Forschungsgruppen und Laboratorien, auf unterschiedliche Forschungstraditionen der einzelnen Gruppenmitglieder und auf die unterschiedlichen Laborausstattungen etc. zurückzuführen. Auf diese Weise erhält jede Forschungsgruppe ihre unverwechselbaren Züge, die sich u.a. in der Wahl und in der Definition von ihren Forschungsobjekten zeigen.

EINIGE ERGEBNISSE UND INTERPRETATIONEN

Warum wählen die Wissenschaftler das Arbeitsgebiet EL aus?

An dieser Stelle können nur einige wenige Ergebnisse diskutiert werden. Wir beziehen uns auf einige führende Wissenschaftler der Gruppen: Der indische Wissenschaftler (M), schloß sich dem Gebiet der EL-Forschung an, weil er schon in der Schule vom »Licht« und der »Elektrizität« fasziniert war. Aus der Fachliteratur kannte er einen führenden Festkörperphysiker in den USA, von dem er sehr begeistert war. Es gelang ihm, bei diesem Wissenschaftler zu studieren. Nach dem Studium wählte er zwei Gebiete für die Forschung aus, die beide mit dem Phänomen »Licht« verbunden waren, die EL und die Solarzelle. Außerdem bezog er seine Motivation aus dem Bedürfnis, Hochtechnologien und neue Energiequellen in seine Heimat zu bringen, um seinem Land zu helfen. Der ostdeutsche Wissenschaftler (A) war experimenteller Physiker und wollte einen Beitrag zur Erhöhung der ökonomischen Effektivität seiner Gesellschaft leisten; in der Zeit der »kampagnenartigen Hinwendung zur anwendungsorientierten Forschung« in der DDR wollte er sich dieser Zielstellung anschließen und sah in der EL-Forschung eine gute Möglichkeit, angewandte und Grundlagenforschung miteinander zu verbinden. Offenbar identifizierte er sich mit der damals vorherrschenden Ideologie. Der Vermittlungsprozeß dieser Ideologie vollzog sich über die Leitung des Physikalischen Instituts, die diesen Prozeß forcierte. Die Reputation des Wissenschaft-

lers A und seiner Gruppe konnte durch die Übernahme der Aufgaben entschieden erhöht werden.

Für den amerikanischen Wissenschaftler war vor allem wichtig: »In den USA zählen vor allem technische Innovationen. Für Neuerungen in dieser Richtung ist Geld da. Außerdem gibt es für mich eine Industriekooperation mit einer Weltfirma, die mir gewährleistet, relevante Themen zu erforschen.« Bei diesem Wissenschaftler steht bei der Themenwahl vor allem die Möglichkeit im Vordergrund, ein gut finanziertes Forschungsgebiet zu besetzen und die Sicherheit zu haben, für die Industrie wesentliche Themen zu bearbeiten.

Die ukrainische Physikerin bekam die Aufgabe von ihrem Doktorvater, und sie begeisterte sich für das Gebiet der EL-Forschung.

Für den deutschen, den aus Indien stammenden Wissenschaftler und die ukrainische Wissenschaftlerin wurde die EL-Forschung zum Lebensthema. Von dem Erfolg und Mißerfolg auf diesem Gebiet hängt die Qualität ihres ganzen Lebens ab. Eine andere Identifikation liegt bei den amerikanischen Wissenschaftlern vor: »Ein EL-Wissenschaftler muß ein hochqualifizierter disponibler Spezialist sein. Es ist wichtig, daß man flexibel ist und alle 5 Jahre das Gebiet wechseln kann. Sie [der Staat] wollen technische Innovationen und immer neue Ergebnisse. Wenn die Ergebnisse nicht mehr interessant sind, wird man fallengelassen. Die Welt ist im Wandel. Wir müssen gewappnet sein.«

Zur unmittelbaren Kommunikation der Forschungsgruppen in der wissenschaftlichen Gemeinschaft

Hier nur ein kurzer Überblick über die von uns untersuchten Gruppen:

In Deutschland beschäftigten sich zwei Gruppen mit der EL-Forschung: Eine Gruppe von 20 Wissenschaftlern kam aus der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR, und die andere Gruppe arbeitet an

der Technischen Universität in Berlin und besteht aus einem Wissenschaftler mit einem Doktoranden und 3 Studenten.

Nach der Evaluierung der Wissenschaftler im Jahre 1992 an der Akademie der Wissenschaften sollte die Gruppe in stark reduzierter Form einem privaten Forschungsinstitut angegliedert werden. Da der Wissenschaftler A Differenzen mit dem Institutsdirektor hatte, wurde er kurz vor dem Ende seiner Probezeit entlassen. Die anderen Wissenschaftler wurden anderen Gruppen angegliedert. Nach einem Jahr Arbeitslosigkeit erhielt A die Möglichkeit, in dem Unternehmen Hewlett-Packard in den USA eine neue Gruppe, die sich mit EL-Forschung beschäftigen sollte, aufzubauen. Seit 1993 ist er der Projektleiter dieser Gruppe von 20 Wissenschaftlern und kann nach eigener Aussage »seine Lebensaufgabe vollenden«.

In der Ukraine arbeitet eine Gruppe, die ebenfalls aus der Akademie der Wissenschaften der SU kam, auf dem Gebiet der EL-Forschung. In den USA arbeiten 4 Gruppen auf diesem Gebiet: zwei Universitätsgruppen mit 4 - 10 Wissenschaftlern, eine Gruppe in einer militärischen Einrichtung und eine Gruppe von 18 Wissenschaftlern in einem Unternehmen.

Unterschiedliche Forschungsstile

Beim Vergleich der unterschiedlichen Gruppen fielen uns die verschiedenen Forschungsstile auf. Die spezifische experimentell-technische Ausstattung führte zu differenten Methoden, die ihrerseits spezifische Forschungsstile nach sich zogen. Jede Gruppe hatte ihren eigenen unverwechselbaren Forschungsstil entwickelt. Das zeigte sich schon im frühesten Entwicklungsstadium der EL-Forschung. Der ukrainischen Wissenschaftlerin Vlasenko und dem japanischen Wissenschaftler Inoguchi gelang es zuerst in den 50er Jahren, die sogenannte Dünnschichtstruktur herzustellen. Sie werden in der wissenschaftlichen Gemeinschaft als Vater und Mutter der EL-Forschung be-

zeichnet. Beide arbeiteten unter sehr unterschiedlichen Forschungsbedingungen. Der Japaner konnte schon damals mit einer vorzüglichen Anlage die entsprechende Struktur herstellen. Anders die Ukrainerin; sie arbeitete mit einer selbstgebastelten Einrichtung, die aus einer winzigen Pumpe und einer Apothekenglocke als Staubschutz bestand: »Wir hatten keine richtige Apparatur und wußten nicht 'mal, wie man eine entsprechende Erregung erzeugen sollte. Wir hatten den Dünnschichten den elektrischen Strom einfach aus der Steckdose zugeführt, und sie waren natürlich sofort verbrannt. Es ging also nicht. Wir waren schon fast verzweifelt, da fiel uns ein Schallgenerator in die Hände. Wir hatten versucht, auch damit zu experimentieren, und plötzlich - wie durch ein Wunder - strahlten die Dünnschichten wie Glühlampen ein helles Licht aus. Meine Dünnschichten waren damals noch nicht richtig dünn, die Spannung war ziemlich hoch, so daß das Leuchten wirklich sehr hell war. Es war wunderbar. Sinelnikow war begeistert, Popkow hat damit glänzend seine Diplomarbeit verteidigt.« So erschienen diese Resultate in der erwähnten Publikation in der Zeitschrift für Optik und Spektroskopie.

Diese Tendenz setzte sich fort.

Japanischen Wissenschaftlern z.B. gelang es, alle damals bekannten oder vermuteten Faktoren, die in einem Zusammenhang mit der Stabilität und der Lebensdauer von Dünnschichten stehen konnten, in einer gewünschten Richtung gleichzeitig zu beeinflussen, um zum Schluß ein stoffliches Objekt von einer bis dahin unerreichbar hohen Qualität herzustellen. Solche Forschungsziele können nur jene Gruppen der EL-Wissenschaftlergemeinschaft verfolgen, die - wie die Japaner und die Amerikaner - über eine Reihe von Hochtechnologien verfügen.

Die bescheidene Labortechnik der ukrainischen Gruppe bestimmt gleichfalls ihre For-

schungsziele und die Themenwahl. Sie untersuchten vorwiegend die physikalischen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern, die den EL-Effekt beeinflussen, wobei solche Parameter wie die Lebensdauer und die Stabilität des EL-Effekts ausgeklammert waren. Sie experimentierten mit verschiedenen Materialien, verschiedenen Farben und analysierten die dabei erzeugten EL-Effekte, obwohl diese meistens nur von kurzer Lebensdauer waren. Die Promotionsarbeit von der Wissenschaftlerin Chomtschenko war z.B. den mit Kupfer legierten ZnS-Filmen gewidmet, die mit den Farben grün und blau leuchteten. Ihre Resultate eigneten sich kaum für eine Anwendung, weil die Filme selbst von kurzer Lebensdauer waren und nur schwach leuchteten. Da die Erhaltung der stabilen Farbe blau heute in der EL-Wissenschaftlergemeinschaft als ein wichtiges offenes Problem erachtet wird, ist auch diese Arbeit ganz aktuell geworden. Ausgerechnet japanische Wissenschaftler interessieren sich heute für die früheren Arbeiten von Chomtschenko. Auch ihre gegenwärtige Arbeit mit Materialien aus der Gruppe der seltenen Erden wird in Japan mit Interesse verfolgt, weil in der EL-Wissenschaftlergemeinschaft nach den neuen effektiven aktiven Matrizen intensiv gesucht wird.

Aufgrund der veralteten technischen Einrichtungen der ukrainischen Gruppe bauen die meisten Resultate auf »mittelbaren« Daten auf: Da die Wissenschaftler keine geeigneten Geräte haben, um z.B. die Art einer Mn-Verteilung direkt festzustellen, beginnen sie nach solchen Charakteristika zu suchen, anhand derer Aussagen zur Verteilungsart gemacht werden können. Bei dieser Vorgehensweise werden für jede Messung viel mehr theoretische und praktische Konzepte in einen Zusammenhang gebracht, als es bei einer Messung mittels eines speziell dafür konstruierten Geräts notwendig wäre. Denn mit dem Gebrauch eines Geräts für eine Messung sollte gerade

diese aufwendige konzeptuelle Arbeit eingeschränkt werden. Aber wenn Wissenschaftler lange Zeit auf solche komplizierten und aufwendigen Messungen angewiesen sind, weil sie keine dafür geeigneten Geräte haben, können neue, unerwartete Aspekte einer Messung von ihnen problematisiert werden, die bei einer routinemäßigen Messung per Gerät immer im Hintergrund blieben.

Unter diesem Gesichtspunkt kann die Entwicklung von verschiedenen Forschungsstilen der Gruppen verstanden werden, die u.a. zur Entstehung von wissenschaftlichen Kontroversen führen können. Nehmen wir exemplarisch die ukrainische Gruppe und die japanische Tottori-Gruppe. Anhand der Veröffentlichungen stellt Chomtschenko z.B. die Korrektheit der von der Tottori-Gruppe durchgeführten Untersuchungen in Frage: Die Japaner verfügen zwar über die hervorragende Technik und leisten sehr gute anwendungsorientierte Arbeiten, aber bei der Aufdeckung von physikalischen Zusammenhängen des EL-Phänomens werden von ihnen dennoch Fehler gemacht. Sie vergleichen beispielsweise Spektren von verschiedenen Dünnschicht-Strukturen und schließen daraus, daß hier ein Unterschied in den Lumineszenz-Zentren vorliegt, obwohl der beobachtete Unterschied durch die Differenz der geometrischen Dicke der Dünnschichten bedingt wird. An solchen Beispielen kann man sehen, welche Aspekte der japanischen EL-Forschung die Ukrainer kritisieren: Bemängelt wird vor allen Dingen die Vorstellung der Japaner von dem EL-Phänomen in seiner Ganzheit, die u.E. mit ihrem spezifischen Forschungsstil erzeugt wurde. In der ukrainischen Gruppe wurden dazu eigene Vorstellungen entwickelt, die die beteiligten Forscher ihrer Meinung nach auch ausreichend begründen können. Diese Gegenüberstellung von zwei unterschiedlichen Standpunkten im Rahmen einer wissenschaftlichen Kontroverse zeigt, daß es den ukrainischen Wissenschaftlern mit ihrem durch die bestimmten Umstände

aufgezwungenem Forschungsstil immer wieder gelingt, trotz der rückständigen Technik Resultate zu erzielen, die für die Fachwelt relevant sind.

Dieses Phänomen konnten wir auch in der ostdeutschen Gruppe beobachten. Obwohl es der Gruppe gelang, in aufwendiger Kleinarbeit die notwendigen Geräte zu entwickeln, entsprachen diese nicht dem Niveau der Spitzengeräte der anderen Gruppen. Angesichts dieses Dilemmas konzentrierte sich der Leiter mit einigen wenigen Mitarbeitern auf das theoretische Verständnis des EL-Displays. Andererseits installierte er in der Gruppe eine »technologische Kette« zur Herstellung von EL-Mustern, die von den Wissenschaftlern ein für ihre Qualifikation unangemessenes Maß an Routinetätigkeit erforderte. Während die wenigen Wissenschaftler, die am Ende dieser Kette standen, weitgehend den gesamten Ablauf interpretieren konnten, stand den anderen Wissenschaftlern nur ein Ausschnitt zur Interpretation zur Verfügung. Das geringe Unsicherheitsniveau der Aufgabenstruktur legte eine starke Abhängigkeit der Wissenschaftler untereinander und einen autoritären Führungsstil nahe (Fuchs, 1993; Morris, 1990; Stinchcombe, 1990; Whitley, 1984). Unter diesen Bedingungen gelang es der Gruppe trotz allem, sowohl hervorragende Muster herzustellen als auch ein tiefes Verständnis des EL-Phänomens in theoretischer Hinsicht zu entwickeln. Die hervorragenden wissenschaftlichen und technologischen Leistungen gingen einher mit einer großen Unzufriedenheit der Mitarbeiter, die in der technologischen Kette standen und mit Routinetätigkeit belastet waren.

Im Prozeß der Kommunikation in der wissenschaftlichen Gemeinschaft haben der theoretisch ganzheitliche Forschungsstil der deutschen und ukrainischen Gruppen und der hochspezialisierte Forschungsstil der japanischen, französischen, finnischen und amerikanischen Gruppen zu einer Synthese geführt.

Erst seit 1989 verfügte die deutsche Gruppe über Spitzengeräte. Der Leiter charakterisierte die neue Situation mit den Worten: »Jetzt sind wir die beste Forschungsgruppe auf der Welt in bezug auf die experimentelle und technologische Ausrüstung und die Leistungsfähigkeit.« Die Gruppe entwickelte einen Forschungsstil, der die Kombination zwischen einem tiefen Verständnis des ganzen Systems mit der präzisen Untersuchung der einzelnen Dimensionen ermöglichte. Doch die Gruppe konnte mit diesem Forschungsstil nur 2 Jahre arbeiten, weil sie unter den neuen gesellschaftlichen Bedingungen in Deutschland keine Möglichkeit erhielt, weiterhin zusammenzuarbeiten. Der Leiter konnte 1994 in den USA eine neue EL-Gruppe aufbauen und unter hervorragenden technologischen und experimentellen Bedingungen arbeiten.

Die amerikanischen Gruppen zeichnen sich durch eine wesentlich spezialisiertere Themenwahl aus. Es wurden einzelne Dimensionen der EL untersucht, z.B. die optische oder die elektrotechnische Charakterisierung. Diese Dimensionen wurden an hochspezialisierten Geräten untersucht. Obwohl die amerikanische Gruppe in einem Industrieunternehmen einen anderen Forschungsstil als die deutsche Gruppe aufwies, konnte eine große Ähnlichkeit in der sozialen Struktur festgestellt werden:

Wie die deutsche Gruppe genießt die amerikanische Gruppe hohe internationale Anerkennung. Beide Gruppen konkurrieren miteinander, weil sie kurz vor der Entdeckung eines grundlegenden physikalischen Effekts stehen.

Es fielen Ähnlichkeiten in der Arbeitsteilung und Kommunikation auf: strenge hierarchische Gliederung, die Kommunikation findet vor allem in Untergruppen statt, die keine eigenen Leiter haben. Die Projektleiter werden als große Experimentatoren und Organisatoren anerkannt. Die Mehrheit der Mitarbeiter fühlt eine sozial-emotionale Di-

stanz zum Projektleiter. In beiden Gruppen führen die Mitarbeiter ihre Tätigkeiten aus, ohne Einfluß auf das Ganze zu haben. Die Leiter ignorieren vom Programm abweichende Meinungen.

Die Mitarbeiter werden extrem gefordert und fühlen sich ausgenutzt: Überstunden sind an der Tagesordnung. Einige Mitarbeiter haben Fluktuationsabsichten.

Es ist eine heterarchische Struktur vorhanden. Die Untergruppen haben bereits die Tendenz, sich zu verselbständigen und ihre eigenen Leiter zu favorisieren. Die Projektleiter versuchen, die Verselbständigung zu verhindern, indem sie zwar die Untergruppenbildung nicht sanktionieren, andererseits jedoch Konzeptbildungsvorgänge im frühen Stadium unterdrücken. Am Gruppenrand werden immer wieder neue Konzepte entwickelt, die international gesehen auch andere Referenzgruppen haben als der Leiter.

Beide Leiter unterdrücken eine Gruppenöffnung. Konflikte werden nur in den seltensten Fällen reflektiert. Im Unterschied zu der amerikanischen Gruppe verfügt die deutsche Gruppe über sehr viel ungünstigere Forschungsbedingungen. Sie mußte die fehlenden Strukturbedingungen der Forschung durch personellen Mehraufwand, Routinetätigkeiten, technologische Arbeits- teilung und autoritäre Strukturen kompensieren.

Wie erklären wir uns diese Strukturähnlichkeiten? Wir greifen dabei das Konzept über den Zusammenhang zwischen den Dimensionen Aufgabenunsicherheit und sozialer Abhängigkeit (Fuchs, 1993; Morris, 1990; Stinchcombe, 1990; Whitley, 1984; Ziegler, 1977) auf. Diese Dimensionen werden noch von Kontextfaktoren wie dem Ausmaß der Konzentration der Ressourcen, der Autonomie bei der Verteilung der Reputation und der Breite der Interessenten an den wissenschaftlichen Resultaten beeinflusst.

Beide Gruppen zeichnen sich durch einen niedrigen Grad an Unbestimmtheit in bezug auf den zentralen Teil ihrer Aufgaben aus. Die gegenseitige Abhängigkeit der Wissenschaftler ist sehr hoch und geht einher mit einem autoritären Führungsstil der Leiter. Diese Tendenz wird noch verstärkt durch eine starke Ressourcenkonzentration. Bei der deutschen Gruppe herrscht eine ausschließlich staatliche und bei der amerikanischen eine private Finanzierung durch das Sponsorenkonsortium des Unternehmens vor. Wie entstehen in diesen Gruppen trotz allem wissenschaftliche Neuerungen? In der deutschen Gruppe unterliegen drei Wissenschaftlern (der Leiter und zwei führende Mitarbeiter) nicht den Zwängen der technologischen Kette. Diese drei Forscher konzentrierten sich vor allem auf die Auswertung von experimentellen Ergebnissen und theoretischen Ableitungen. Die Aufgaben dieser Wissenschaftler hatten einen hohen Unbestimmtheitsgrad, und es ist nicht erstaunlich, daß neue Hypothesen und Ideen dieses Personenkreises für die Zirkulation freigegeben wurden. Da die amerikanische Gruppe vielfältige Kooperationsbeziehungen zu anderen Gruppen hatte, konnten neue Ideen mit diesen Interessenten diskutiert und weiterentwickelt werden. Leider kann an dieser Stelle die Diskussion dieser Zusammenhänge nicht fortgesetzt werden.

Im Unterschied zu diesen beiden Gruppen zeichnen sich die Universitätsgruppen durch eine Vielfalt von Aufgaben und einen hohen Unbestimmtheitsgrad aus. Auffällig ist die große Anzahl von Sponsoren: Nationale Wissenschaftsstiftung, Army Research Lab., Advanced Research Program Administration, industrielle Institutionen usw. Daraus ergibt sich eine andere soziale Struktur dieser Gruppen: Das Gruppenprojekt ist in Teilprojekte mit eigenständigen Leitern aufgeteilt. Die Leiter pflegen einen partizipatorischen Führungsstil. Sie nehmen den Status eines *Primus inter pares* ein und fördern

die persönlichen Neigungen der Wissenschaftler.

Zur Ebene der Community

Die EL-Wissenschaftlergemeinschaft weist eine außerordentlich intensive intergruppal Kommunikation der Wissenschaftler auf. Häufig arbeiten Wissenschaftler aus unterschiedlichen Ländern an einem Thema. An dieser Stelle kann nur auf einige Beispiele eingegangen werden. Die indische Wissenschaftlerin K. aus der Universitätsgruppe aus Oregon (USA), die ein Erklärungsmodell für den Elektronentransport entwickelte, entdeckte Fehler an Modellen von einigen auf diesem Gebiet führenden Wissenschaftlern.

Da sie vor allem Theoretikerin ist, traf sie sich bei einem Arbeitsaufenthalt in Deutschland mit einem französischen experimentellen Wissenschaftler, mit dem sie sich sehr gut versteht. Er konnte ihre Daten experimentell überprüfen. Ein deutscher Wissenschaftler läßt in einem französischen Labor Schichten herstellen, die er für seine Experimente braucht. Dafür führt er für die französischen Wissenschaftler bestimmte Messungen an den Schichten durch.

Die deutsche Forschungsgruppe, die 1980 mit der EL-Forschung begann, wählte den Elektronentransport als ihr wichtigstes Forschungsobjekt aus, welches einen Schlüssel zur Konstruktion von Displays mit stabilen Parametern bieten konnte. Der kleine Kern von Wissenschaftlern, um den sich diese Gruppe gebildet hat, besaß bereits viel Erfahrung in der Arbeit auf diesem Gebiet - sowohl theoretisch als auch experimentell. Der Leiter der EL-Forschungsgruppe (A) hat sich zwar vorher nicht direkt mit dem EL-Phänomen befaßt, war jedoch ein sehr guter Physiker mit »feeling«, der bei dieser neuen Aufgabe sehr ambitioniert auftrat. Er hat sich das ehrgeizige Ziel gesetzt, mit der Produktion von EL-Flachdisplays in der ehemaligen DDR zu beginnen. Wie be-

reits erwähnt, sollte der Weg dahin über die Lösung des Elektronentransportproblems führen. Dafür wurde ein relativ einfaches Modell (»loss-free-acceleration-model« oder »ballistic model«) konstruiert, das bisher auf anderen Gebieten der Physik benutzt wurde, auf denen P vorher gearbeitet hatte. Dieses Modell führte zu einer Kontroverse auf der Ebene der EL-Wissenschaftlergemeinschaft, die im folgenden kurz skizziert werden soll.

Wissenschaftliche Kontroversen

Vorher noch einige Bemerkungen zu unserer Auffassung über wissenschaftliche Kontroversen.

Wissenschaftliche Kontroversen, die innerhalb einer Forschungsgruppe ausgetragen werden, sind auf der Ebene einer Wissenschaftlergemeinschaft in der Regel nicht als solche erkennbar. Ein generalisierter Kontext einer Wissenschaftlergemeinschaft wird im Rahmen von wissenschaftlichen Kontroversen erzeugt, bei denen üblicherweise Vertreter verschiedener Forschungsgruppen für die Bedeutungen argumentieren, die in ihren spezifischen Labor-Kontexten bereits generiert wurden. Dies wird hauptsächlich mittels mündlicher und schriftlicher Kommunikation realisiert. Im Unterschied zu den Auseinandersetzungen in den Forschungsgruppen wird dabei auf die Demonstration von stofflichen Objekten oder auf die Vorführung von technischen Vorrichtungen und deren Behandlungsweisen im allgemeinen verzichtet.

Bei den wissenschaftlichen Kontroversen auf der Ebene einer Wissenschaftlergemeinschaft geht es meistens um die Begründung oder Rechtfertigung des Gebrauchs von bekannten kulturellen Artefakten wie Begriffen oder anderen Zeichenstrukturen in einem neuen Zusammenhang bzw. um die neuen und daher noch weitgehend für dieses Forschungsgebiet unbekannten semiotischen Konstrukte, die von

einigen Wissenschaftlern als kulturelle Artefakte zur Codierung ihrer Beziehungen zur realen Welt gebraucht wurden. Inwieweit diese beide Arten von Neuerungen von den anderen Wissenschaftlern akzeptiert und mit der Zeit gebraucht werden, hängt vom Verlauf der wissenschaftlichen Kontroverse ab. Denn bevor die Neuerungen auch die andere Funktion von kulturellen Artefakten übernehmen können, nämlich als Mittel zur Koordinierung der Beziehungen von Wissenschaftlern zueinander zu dienen, wird von den Wissenschaftlern in ihren Forschungsgruppen geprüft, ob und wie die Neuerungen in ihre spezifischen Labor-Kontexte eingebaut werden können. Wissenschaftliche Kontroversen können über Jahre andauern, weil mit ihnen ein Zirkulationsprozeß zwischen den verschiedenen Forschungsgruppen und der Wissenschaftlergemeinschaft in Gang gesetzt wird, in dem die alten Bedeutungen transformiert und die neuen generiert werden.

Will man eine wissenschaftliche Kontroverse auf der Ebene einer Wissenschaftlergemeinschaft rekonstruieren und beschreiben, so ist man gezwungen, die Sprache des generalisierten Kontextes zu übernehmen und die für die Kontroverse grundlegenden Begriffe und Zusammenhänge in dieser Sprache zu explizieren. Hierbei handelt es sich jedoch um eine lebendige Sprache, die von den Wissenschaftlern gebraucht und entwickelt wird, wenn sie ihre im Labor verfaßten Texte an die Wissenschaftlergemeinschaft richten, so daß man im allgemeinen jeder Aussage in dieser Sprache einen Autor zuweisen kann.

Die Kontroverse, die hier beschrieben wird, entstand Anfang der 80er Jahre innerhalb der EL-Wissenschaftlergemeinschaft. Das Material für das Studium dieser Kontroverse bilden einige chronologisch geordnete Texte sowie mündliche Äußerungen einiger Wissenschaftler der Forschungsgruppen aus Deutschland, Schottland, Japan und

den USA, die der EL-Wissenschaftlergemeinschaft angehören.

Die Erklärungspraktiken von Wissenschaftlern schließen die Konstruktion von neuen kommunikativen semiotischen und materiellen Mitteln ein, die als Symbole für verschiedene signifikative Handlungen in einem Laboratorium von den Mitgliedern der Forschungsgruppe benutzt werden. Diese kommunikativen Mittel stellen kulturelle Artefakte dar, die von den Menschen als Mittel zur Koordinierung ihrer Beziehungen zur realen Welt und zueinander gebraucht werden.

Ein solches Artefakt, genannt »loss-free-acceleration-model« oder »ballistic model«, wurde von den Wissenschaftlern der deutschen Forschungsgruppe konstruiert und gebraucht. Als ein Artefakt war dieses Modell den früheren Wissenschaftlergenerationen im allgemeinen bekannt.

Die Wissenschaftler der deutschen Forschungsgruppe, die auf den anderen Gebieten der Elektronenphysik gute Erfahrung mit diesem Modell hatten, haben sich für die Verwendung des Modells für die Bewegung von Elektronen in der Dünnschicht-EL-Struktur entschieden. Nach den langen kontroversen Diskussionen innerhalb der Forschungsgruppe wurde der spezifische Labor-Kontext erzeugt, in welchem dem »ballistischen Modell« eine bestimmte Bedeutung zugewiesen wurde.

Die Kritiker des »ballistischen Modells« hielten es für ein sehr einfaches Modell, in dem Elektronen wegen der verlustfreien Beschleunigung direkt die Lumineszenz-Zentren anregen können. Es wurden mittlerweile einige Phänomene nachgewiesen, die die Verluste der Elektronenbeschleunigung verursachen könnten. Außerdem würden die verlustfrei beschleunigten Elektronen beliebig hohe Energiewerte erhalten können, was den Vorschriften der Energiebandstruktur widersprechen würde.

Dies hielt der Projektleiter (A) der deutschen Gruppe für die »Lehrmeinung«, gegen die

sich nur schwer durchzusetzen ist. »Es muß ein neuer physikalischer Transportprozeß der Elektronen in außerordentlich hohen Feldern und in speziell dotierten Materialien - wir kennen heute sechs an der Zahl - stattfinden, um die ausgesprochen hohe Lichtausbeute zu gewährleisten« schrieb A 1990. Mit jeder kritischen Stimme wurde eine neue Facette des EL-Phänomens beleuchtet. So kommt es auch, daß eine wissenschaftliche Kontroverse zu einem wichtigen Instrument der Wissenschaftsentwicklung wird. Der Projektleiter der amerikanischen El Paso-Gruppe (B), beschäftigt sich beispielsweise mit dem ersten Schritt in dem EL-Mechanismus, d.h. mit der Generierung der freien Elektronen. Er hat dabei u.a. festgestellt, daß die Verwendung des »ballistischen Modells« sogar für das »klassische« Material ZnS:Mn problematisch ist. In seinem Vortrag auf dem Workshop EL-'92 wird A direkt angesprochen:

»Assuming ballistic transport of electrons across the phosphor layer, ... [A] has estimated that for each primary electron tunnel injection at the cathodic interface, 7.6×10^6 electron-hole pairs are created a 1000 nm thick ZnS:Mn phosphor layer.

Such a large increase in the number of carriers would appear as a sharp peak in the phosphor current ... In our measurements on the on-hysteretic ZnS:Mn ACTFEL device, we did not detect such a peak.«

Inzwischen haben die Wissenschaftler der deutschen Gruppe nach neuen Forschungsmitteln gesucht, mit denen das Verhalten von Elektronen gemäß dem »ballistischen Modell« effektiv nachgewiesen werden könnte. Sie haben in ihrem Labor-Kontext eine neue Methode ausprobiert, die sogenannte Monte-Carlo-Methode, mit der sie die erhofften Ergebnisse erzielen konnten.

Die »Monte-Carlo-Methode« ist, wie das »ballistische Modell«, ein kulturelles Artefakt, das die Schranken seiner Entstehungsdisziplin - der Mathematik - längst über-

schritten hat. Unter der Monte-Carlo-Methode wird eine numerische Näherungslösung mathematischer, insbesondere wahrscheinlichkeitstheoretischer Probleme (stochastische Prozesse, Verteilungsprobleme u.ä.) durch Stichprobenerhebung (meist mittels Computer) aus einem entsprechend konstruierten stochastischen Modell verstanden. Seit den 70er Jahren wurde diese Methode u.a. auf den verschiedensten Gebieten der Physik erfolgreich angewendet, was insbesondere durch die rasante Entwicklung der Computertechnik einerseits und durch die Untersuchungen von unregelmäßigen komplexen Systemen innerhalb der Mathematik und der Naturwissenschaft andererseits bedingt war. Die Monte-Carlo-Methode bietet die Möglichkeit, das Verhalten eines komplexen Systems mittels einer Simulation des Verhaltens von einzelnen, zufällig gewählten Systemelementen zu untersuchen. Diese Methode hat den Status eines »Computer-Experiments« und wird von einigen Wissenschaftlern als eine »experimentelle Theorie« betrachtet (vgl. z.B. Sumino, 1990), weil damit anhand von einigen experimentellen Daten weitere Systemparameter im Rahmen eines vorausgesetzten stochastischen Modells numerisch bestimmt werden können.

Mit der Verwendung der Monte-Carlo-Methode auf dem Gebiet der Halbleiterphysik wurde erst in den 80er Jahren begonnen (vgl. Jacoboni & Lugli, 1989). Wie bei der Entwicklung der Wissenschaft häufig zu beobachten ist, haben etwa gleichzeitig einige Wissenschaftler aus verschiedenen Forschungsgruppen der EL-Wissenschaftlergemeinschaft angefangen, mit der Monte-Carlo-Methode zu experimentieren. Neben den deutschen waren es vor allem die französischen Wissenschaftler um den Wissenschaftler C sowie die Wissenschaftler der amerikanischen Gruppe aus Oregon unter der Leitung von D, die die Monte-Carlo-Methode anwandten. Den deutschen Wissenschaftlern gelang es un-

ter bestimmten Voraussetzungen (u.a. bei dem parabolischen Leitungsband), die Trajektorien von einzelnen Elektronen mit der Monte-Carlo-Methode zu simulieren. Die Berechnungen ergaben ein Verhalten gemäß dem »ballistischen Modell«; nachfolgende Experimente mit Vakuum-Emission haben dies bestätigt. Die deutschen Wissenschaftler waren davon überzeugt, daß sie damit einen direkten Nachweis des »ballistischen Modells« erbracht haben, worüber sie sofort in einem Artikel mit dem eindrucksvollen Titel »Direct evidence of ballistic acceleration of electrons in ZnS« berichtet hatten.

Die Kritik ließ nicht lange auf sich warten. Auf dem Workshop EL-92 hat D die experimentellen Ergebnisse der deutschen Gruppe als »unrealistisch« bezeichnet, weil die Vakuum-Emission-Experimente diesbezüglich unzuverlässig seien. Außerdem haben die eigenen Berechnungen der Gruppe um D mit der Monte-Carlo-Methode das »ballistische« Verhalten von Elektronen nicht bestätigt. D schreibt dazu:

»At present, there is considerable confusion in the literature concerning hot carrier effects in ZnS materials. B. [d.h. Wissenschaftler A] has reported steady state ensemble Monte Carlo results using a full band structure model... On the other hand, [A] and co-workers conclude from Monte Carlo calculations and vacuum emission experiments that the electrons in ZnS ACTFEL structures undergo ballistic or loss-free transport, resulting in extremely high energy electrons. Our present Monte Carlo results ... help to elucidate this apparent contradiction. ... The results ... are not in serious disagreement with those of B. ... No evidence for electrons higher than 5 eV is found for fields up to 2 MV/cm in contrast to the results of [A] and co-workers...«

Dieses etwas längere Zitat zeigt besonders deutlich, daß jetzt die amerikanische Oregon-Gruppe mit ihren Forschungsergebnissen den Anspruch erhoben hat, die nun-

mehr über 10 Jahre andauernde Kontroverse bezüglich des Elektronentransports aufzuklären.

Der textsprachliche Diskurs ist an den generalisierten Kontext der EL-Wissenschaftlergemeinschaft gebunden (Wenzel & Schulze, 1993), der von den Teilnehmern ausschließlich sachbezogene Argumente zur Begründung des eigenen Standpunkts verlangt. Mündliche Auseinandersetzungen finden dagegen im jeweiligen Kontext der unmittelbaren Kommunikation statt. Je nach der konkreten kommunikativen Situation wird man von den Wissenschaftlern unterschiedliche Versionen der Ereignisse, verschiedene Bewertungen der Personen und dessen, was sie mit ihren Handlungen »wirklich meinen«, hören können. Auf einem Workshop in den USA gab es zu dieser Kontroverse eine außerordentlich zugespitzte affektiv geladene Diskussion. Dabei wurde der unterschiedliche Verhandlungsstil der Wissenschaftler aus verschiedenen Ländern deutlich. Der ungewöhnlich aggressive, konfrontierende und konkurrierende Stil des amerikanischen und des deutschen Wissenschaftlers war auffällig. Dagegen äußerte die Wissenschaftlerin aus Indien, die ebenfalls in die Kontroverse involviert war, ihre Position zwar klar und deutlich, trat aber höflich und vermittelnd auf. Ein japanischer Wissenschaftler stellte höflich und lächelnd seine Auffassung zur Diskussion, ohne eine der Parteien anzugreifen.

Bei der Diskussion zwischen dem amerikanischen Wissenschaftler (D) und dem deutschen Wissenschaftler (A) kam es zum Ausbruch des folgenden Konfliktes. A sagt über D: D ist »just stupid and vain. You have only to look at his high heeled shoes. It is not necessary to speak about his claims«.

D äußert sich über A: »He just believes, that he has the answer and that's it! The theoretical part is completely wrong! The experimental part was interesting but it turns out there is a fatal flaw in what they have done.

He is arrogant and power-hungry. He is wrong, wrong, wrong...«

Der Übergang von der Kontroverse zum Konflikt spiegelt sich in folgenden Phasen wider:

1. Die Latenzphase: Die Existenz von unterschiedlichen Auffassungen im wissenschaftlichen Text, die die Wissenschaftler auch als different wahrnehmen (sachliche Gegensätze, kontroverse Phase).
2. Die Phase der Emotionalisierung: Die sachlichen Gegensätze werden emotionalisiert, Sachurteile gehen in Personenurteile über.
3. Die Phase der Manifestation: Die Wissenschaftler reden nicht mehr miteinander, gehen sich aus dem Weg.

Die folgende Argumentation spiegelt die Konkurrenzsituation zwischen D und A wider; D bemerkt: »... again all I can suspect is that they have gotten themselves in some political things where they worried about their funding.«

Beide Wissenschaftler konkurrieren bereits zu diesem Zeitpunkt um die finanziellen Mittel, auf deren Grundlage die zukünftigen Forschungen realisiert werden sollen. Diese Kontroverse ist ein gutes Beispiel für den Übergang einer wissenschaftlichen Kontroverse in einen sozialen Konflikt, in dem der Kampf um Forschungsmittel bereits eingeschlossen ist. Der Verlauf der Kontroverse bekam 1992 einen Knick. Nach der Auflösung der ostdeutschen Forschungsgruppe ging auch ihr spezifischer Labor-Kontext unwiderruflich verloren. Dies bedeutet aber keinesfalls, daß damit auch das »ballistische Modell« für die EL-Forschung verlorengegangen ist. Als ein kulturelles Artefakt wird es sicherlich in einem anderen Labor-Kontext erscheinen, in dem ihm allerdings eine geänderte Bedeutung zugeschrieben wird.

Die Kontroverse, um die es hier geht, ist also auch heute noch nicht beigelegt. Aufgrund der hier demonstrierten Entwicklung

kann man sogar behaupten, daß immer größere Kreise der Wissenschaftler verschiedener Forschungsgruppen mit der Zeit in den Diskurs hineingezogen werden. Die Erklärung dafür ist in der Tatsache zu suchen, daß es sich bei einer wissenschaftlichen Kontroverse, die auf der Ebene der Wissenschaftlergemeinschaft ausgetragen wird, um semiotische Konstrukte handelt, die als Werkzeuge zusammen mit anderen Elementen in einem für jede Forschungsgruppe spezifischen Laborkontext funktionieren. Dadurch entwickelt sich eine Kontroverse als ein Zirkulationsprozeß zwischen den Forschungsgruppen und der Wissenschaftlergemeinschaft, in dem immer neue semiotische und materielle Mittel transformiert werden, mit denen Wissenschaftler neue Wege der Vermittlung von Untersuchungsobjekten konstruieren können. In diesem Prozeß der Kommunikation in den Gruppen und in der Wissenschaftlergemeinschaft werden wissenschaftlich-technische Innovationen erzeugt.

Literatur

- ALHEIT, P., HOERNIG, E. M. (Hrsg.) (1989): Biographisches Wissen. Frankfurt a. M., New York
- AMANN, K. (1990): Natürliche Expertise und Künstliche Intelligenz. Dissertation. Bielefeld
- BACHTIN, M. (1969): Literatur und Karneval. München: Hauser
- BARTHES, R. (1964): Elements de semiologie. Paris: Editions Gonthier
- BRANTE, T. & ELZINGA, A. (1988): Kontroversstudierett forskningsprogram; VEST, Nr. 10-11 (Forthcoming as: Towards a theory of scientific controversies)
- COLE, M. & BRUNNER, J. S. (1971): Cultural differences and inferences about psychological processes. American Psychologist 26, 867-876
- COLE, M. (1990): Cultural psychology. A once and future discipline? In: Berman, J. (Ed.). Cross-Cultural Perspectives. Nebraska Symposium on Motivation (37/1989). Lincoln: University of Nebraska Press
- VAN DIJK, T. (1980): Textwissenschaft. Tübingen: Niemeyer
- Eco, U. (1994): Einführung in die Semiotik. München: Fink Verlag

- EDELSTEIN, W., KELLER, M. & WAHLEN, K.** (1984): Structure and context in social cognition: Conceptual and empirical analyses. *Child Development* 55, 1514-1526
- FUCHS, S.** (1993): A Sociological Theory of Scientific Change. *Social Forces* 71, 933-953
- GEERTZ, C.** (1991): *Dichte Beschreibung*. Frankfurt: Suhrkamp
- GILBERT, G. & MULKAY, M.** (1984): *Opening Pandora's Box*. Cambridge: Cambridge University Press
- JACOBONI, C. & LUGLI, P.** (1989): *The Monte Carlo Method for Semiconductor Device Simulation*. Berlin: Springer
- KAHLOW, A.** (1992): Zur Interpretation moderner Wissenschaftskulturen. Unveröffentlichter Teilbericht über die Ergebnisse des Forschungsaufenthaltes in Paris. Berlin
- KAMINSKY, G.** (1970): *Verhaltenstheorie und Verhaltensmodifikation*. Stuttgart: Klett
- KNORR-CETINA, K. D.** (1984): *Die Fabrikation von Erkenntnis*. Frankfurt/M.: Suhrkamp
- KRÜGER, H.-P.** (1990): *Kritik der kommunikativen Vernunft*. Berlin: Akademie-Verlag
- KRÜGER, H.-P.** (1993): *Perspektivenwechsel*. Berlin: Akademie-Verlag
- LAING, R. D., PHILLIPSON, H. & LEE, A. R.** (1971): *Interpersonelle Wahrnehmung*. Frankfurt/M.: Suhrkamp
- LEGEWIE, H.** (1978): Interpretation und Validierung biographischer Interviews, in: Jüttemann, G., Thoma, H. (Hrsg.): *Biographie und Psychologie*, Heidelberg
- LÜDTKE, K., SCHULZE, A.** (1995): Zur Interpretation von Ergebnissen in der mikrosoziologischen und sozialpsychologischen Wissenschaftsforschung, *Journal für Psychologie* 3, 76-91
- MEAD, G. H.** (1934): *Mind, Self and Society*. Chicago: Chicago University Press
- MORRIS, CH. W.** (1946): *Signs, Language and Behavior*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall
- MUKERJI, C.** (1989): *Scientific Genius and Laboratory Signature*. Vortrag, Universität Bielefeld, Fakultät für Soziologie
- MULKAY, M. & POTTER, J.** (1983): Why an Analysis of Scientific Discourse is Needed. In: Knorr-Cetina, K. D. & Mulkay, M. (Eds.): *Science Observed*. London: Sage
- OPPENHEIMER, L.** (1978): The development of the processing of social perspective: A cognitive model. *International Journal of Behavioral Development* 1, 149-171
- SCHULZE, A.** (1990): On the Rise of Scientific Innovations and Their Acceptance in Research Groups: A Socio-Psychological Study. *Social Studies of Science* 20, 34-62
- SCHULZE, A. & KAHLOW, A.** (1993): *Innovationen in der Forschung*. Berlin: Peter Lang
- SCHULZE, A. & WENZEL, V.** (1996): *Faszination Licht - Portrait einer wissenschaftlichen Gemeinschaft*. Münster: Waxmann
- SHRUM, W. & MORRIS, J.** (1990): Organizational Constructs for the Assembly of Technological Knowledge. In: Cozzens, S. & Gieryn, Th. (1990). *Theories of Science in Society*. Indiana University Press
- SIEGRIST, J.** (1971): *Das Consensus-Modell*. Stuttgart
- STINCHCOMBE, A.** (1959): Bureaucratic and Craft Administration of Production: A Comparative Study. *Administrative Quarterly* 4, 168-187
- SUMINO, K. (Ed.)** (1990): *Defect control in semiconductors*. Amsterdam: Springer
- TRAWECK, S.** (1988): *Beamtime and livetime*. Cambridge: Harvard University Press
- VYGOTSKIJ, L.** (1987): Die instrumentelle Methode in der Psychologie. In: Vygotskij, L. (1987). *Ausgewählte Schriften, Band I*. Berlin: Verlag Volk und Wissen
- WENZEL, V.** (1992): Zur Entstehung des Neuen in der Wissenschaft: das Chaos-Konzept in der Mechanik. *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* 40, 1179-1190
- WENZEL, V. & SCHULZE, A.** (1993): Kontextualisierung und Kontextgeneralisierung im wissenschaftlichen Diskurs. In: Bonß, W., Hohlfeld, R. & Kollek, R. (Hrsg.). *Wissenschaft als Kontext - Kontexte der Wissenschaft*, 41-53. Hamburg: Junfermann
- WHITLEY, R.** (1984): *The Intellectual and Social Organization of the Sciences*. Oxford: Clarendon Press